

## ВЛИЯНИЕ ПОЛА И ПОРОДЫ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭРИТРОЦИТАРНОГО СОСТАВА КРОВИ У РЕМОУТНОГО МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ

Р. С. Мекин, А. О. Дерхо, М. А. Дерхо

Дана оценка зависимости эритроцитарного состава крови ремонтного молодняка свиней от породы, пола и уровня циркулирующих в крови гормонов тиреотропной оси. Работа выполнена с использованием гематологических, биохимических и статистических методов исследований. Установлено, что эритроцитарный состав крови и уровень гормонов тиреотропной оси в организме ремонтного молодняка свиней зависит от породы и пола животных. Порода определяет различия в составе крови между дюрками (мясное направление продуктивности породы) и йоркширами и ландрасами (беконное направление продуктивности пород) для параметров эритрограммы и гормонов тиреотропной оси в популяции свинок в пределах 6,26–12,81 и 18,13–25,89%, в популяции хрячков – в пределах 2,44–14,8 и 23,20–50,85%. Половая вариабельность обуславливает превосходство свинок над хрячками по показателям эритрограммы на уровне 1,95–4,88%, а количеству гормонов – от 1,09 до 7,70 раз. Тиреоидные регулируют пул эритроцитов в кровеносном русле ремонтного молодняка, о чем свидетельствуют статистически значимые или близкие к ним корреляции между «сТ3 – Эритроциты» (у свинок  $r = 0,59-0,66$ ; у хрячков  $r = 0,57-0,71$ ), «сТ3 – Гемоглобин» (у свинок  $r = 0,70-0,77$ ; у хрячков  $r = 0,59-0,80$ ).

*Ключевые слова:* ремонтный молодняк свиней, эритрограмма, гормоны тиреотропной оси, корреляции.

Для реализации потенциала такой отрасли животноводства, как свиноводство, необходимо знать закономерности формирования биологического статуса свиней в промышленных условиях [1, 2], так как технологию выращивания необходимо базировать на адаптационных и ресурсных возможностях организма [3, 4, 5].

Для оценки клинического и метаболического состояния животных чаще всего используют кровь, определяя ее составные компоненты, так как, во-первых, ее легче всего взять для анализа, а во-вторых, она контактирует практически со всеми органами и тканями, вступая в различные физико-химические взаимодействия [2, 6, 7]. Поэтому состав крови напрямую сопряжен с физиологическим состоянием животных.

Важной составной частью крови являются эритроциты, формирующие систему «красной крови» [2] и представляющие собой функциональную структурную единицу, выполняющую ряд ключевых функций в организме животных [8]. В частности, эритроциты обеспечивают транспорт дыхательных газов [9], аминокислот [10] и гормонов [11], участвуют в поддержании рН крови [13], функционировании системы свертывания крови [13] и т.д. В целом система «красной крови», участвуя в поддержании гомеостаза орга-

низма в целом, зависит не только от его клинического статуса, но и породы, пола, возраста, кормления, технологической нагрузки и т.д.

В последние годы выявлено, что в формировании индивидуальных, видовых, породных и половых особенностей «красной крови» важную роль играют гормоны тиреотропной оси. Так, прямые связи между признаками обусловлены наличием у эритроцитов плазматических рецепторов к тиреоидным гормонам [14]; косвенные – зависимостью регулируемых гормонами метаболических процессов от доступности кислорода, «оборот» которого сопряжен с функциональными свойствами эритроцитов [11, 15].

Основываясь на выше сказанном, целью нашей работы явилась оценка зависимости эритроцитарного состава крови ремонтного молодняка свиней от породы, пола и уровня циркулирующих в крови гормонов тиреотропной оси.

### Материал и методы исследования

Эритроцитарный состав крови изучали у молодняка породы дюрка, ландрас и йоркшир, отобранного по результатам бонитировки в 160–170-суточном возрасте для ремонта стада. С учетом полового диморфизма было сформировано две опытные группы. Первая группа со-



стояла из свинок ( $n = 341$ ), вторая – из хрячков ( $n = 34$ ). Особи в каждой группе были дифференцированы по породному признаку.

Технология кормления и содержания животных соответствовала рекомендациям портала свиноводства Genesis.

Кровь для гематологических и биохимических исследований брали из краниальной полой вены утром до кормления, используя вакуумные пробирки. Стенки пробирок для гематологических анализов были обработаны антикоагулянтом ЭДТА. Для предотвращения коагуляции крови пробирки после ее взятия медленно перемешивали 3–4 раза.

Показатели эритрограммы были определены на автоматическом настольном гематологическом анализаторе Abacus-junior-Vet. Эритрограмма включала три основных показателя – эритроциты, гемоглобин (Hb), гематокрит (Ht), а также четыре расчетных – средняя концентрация корпускулярного гемоглобина (MCHC), среднее содержание корпускулярного гемоглобина (MCH), средний объем эритроцита (MCV) и показатель анизцитоза эритроцитов по объему (RDW). Гормоны тиреоидной оси, включая тиреотропный гормон (ТТГ), свободный тироксин (сТ4), свободный трийодтиронин

(сТ4), определены в сыворотке крови иммуноферментным путем при помощи наборов реактивов фирмы «Вектор-Бест» (Россия). Анализ каждой пробы выполнен в двух повторах, различия между оптической плотностью проб не превышали 5%. Концентрация гормонов выражена в мМЕ/л (ТТГ) и пмоль/л (сТ3, сТ4).

Все показатели лабораторных исследований были представлены в виде среднего значения  $\pm$  стандартная ошибка. Данные по породному и половому признаку сравнивались при помощи  $t$ -критерия Стьюдента. Взаимосвязь между признаками определяли при помощи расчета коэффициентов корреляции. Статистическая значимость была принята на уровне  $P < 0,05$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

Частью общего анализа крови, выполняемого при помощи гематологического анализатора, является эритрограмма, которая позволяет получить информацию о состоянии дыхательной функции крови в организме животных [16], то есть о потенциальной возможности крови обеспечивать потребности процессов жизнедеятельности дыхательными газами. Анализ параметров эритрограммы показал, что их величина зависит как от породы, так и от пола (табл. 1).

Таблица 1 – Эритрограмма молодняка свиней в зависимости от возраста и пола,  $\bar{X} \pm S_x$

Порода	$n$	Эритроциты, $10^{12}/л$	Hb, г/л	Ht, %	MCV, фл.	RDW, %	MCH, пг	MCHC, г/дл
Свинки								
Дюрок	55	$8,28 \pm 0,09^{*1*2}$	$137,98 \pm 1,14^{*1*2}$	$50,53 \pm 0,60$	$61,03 \pm 0,67^{*1*2}$	$25,28 \pm 0,26^{*1*2}$	$16,66 \pm 0,12$	$27,30 \pm 0,24^{*1*2}$
Йоркшир	243	$7,56 \pm 0,07^{*1}$	$127,53 \pm 1,02^{*1}$	$49,75 \pm 0,44$	$65,80 \pm 0,30^{*1}$	$27,92 \pm 0,17^{*1}$	$16,87 \pm 0,06$	$25,63 \pm 0,09^{*1}$
Ландрас	43	$7,34 \pm 0,05^{*2}$	$127,51 \pm 1,31^{*2}$	$49,62 \pm 0,69$	$67,60 \pm 0,79^{*2}$	$28,15 \pm 0,37^{*2}$	$17,37 \pm 0,15^{*2}$	$25,69 \pm 0,20^{*2}$
$\Sigma$ по популяции	341	$7,73 \pm 0,07$	$131,01 \pm 1,16$	$49,97 \pm 0,50$	$64,81 \pm 0,58$	$27,11 \pm 0,26$	$16,96 \pm 0,11$	$26,20 \pm 0,17$
Хрячки								
Дюрок	17	$7,46 \pm 0,32$	$131,13 \pm 0,85^{*1*2}$	$48,05 \pm 0,85$	$65,91 \pm 0,42^{*1*2}$	$27,76 \pm 0,25^{*1*2}$	$17,89 \pm 0,51$	$27,29 \pm 0,35$
Йоркшир	12	$7,28 \pm 0,19$	$123,41 \pm 0,73^{*1}$	$44,47 \pm 1,25$	$61,31 \pm 0,62^{*1}$	$24,18 \pm 0,31^{*2}$	$16,95 \pm 0,28$	$27,75 \pm 0,56$
Ландрас	5	$7,36 \pm 0,29$	$128,00 \pm 0,54^{*2}$	$46,68 \pm 1,72$	$63,48 \pm 0,31^{*2}$	$25,78 \pm 0,19^{*2}$	$17,39 \pm 0,29$	$27,42 \pm 0,51$
$\Sigma$ по популяции	34	$7,37 \pm 0,26$	$127,51 \pm 0,71$	$46,40 \pm 1,27$	$63,56 \pm 0,45$	$25,90 \pm 0,25$	$17,41 \pm 0,36$	$27,32 \pm 0,47$
Норма		5–7	90–130	36–43	52–62	18–22	17–24	29–34

Примечание:  $*^1 - P < 0,05$  между дюрокками и йоркширами;  $*^2 - P < 0,05$  между дюрокками и ландрасами; норма [17].

В популяции свинок межпородные различия выявлены между дюрками, с одной стороны, и йоркширами и ландрасами, с другой стороны. Порода влияла на величину таких показателей эритрограммы, как количество эритроцитов, Hb, MCV, MCHC и RDW. При этом дюрки превосходили своих аналогов породы йоркшир и ландрас по уровню красных клеток, гемоглобина и среднего содержания корпускулярного гемоглобина на 6,26–12,81%, но величина таких параметров, как MCV и RDW, была, наоборот, меньше на 7,24–11,35%. По данным Е.К. Джапарова, М.А. Дерхо (2020), межпородные различия как по количеству эритроцитов, так и их характеристикам сопряжены с продуктивным направлением породы (дюрки – мясное, йоркширы и ландрасы – беконное) [16], определяющим интенсивность обменных процессов и востребованность кислорода в организме животных.

В популяции ремонтных хрячков межпородная изменчивость параметров эритрограммы ранжировалась аналогично группе свинок, то есть между дюрками и ландрасами, йоркширами. Различия выявлены по количеству гемоглобина, MCV и RDW и MCH на уровне 2,44–14,81%. При этом дюрки превосходили своих аналогов других пород (табл. 1). Следовательно, в популяции хрячков тоже имелись межпородные различия, и они наиболее были выражены, как и у свинок между породой дюрки и породами ландрас и йоркшир.

При сравнительном анализе данных в разрезе полового диморфизма установлено, что в группе свинок величина всех параметров

была выше, чем хрячков. При этом различия были незначительны и колебались в интервале 1,95–4,88%. В среднем по популяции ремонтных свинок в возрасте бонитировки количество эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, MCV, RDW, MCH и MCHC составили  $7,73 \pm 0,07 \cdot 10^{12}/л$ ;  $131,01 \pm 1,16$  г/л;  $49,97 \pm 0,50\%$ ;  $64,81 \pm 0,58$  фл;  $27,11 \pm 0,26\%$ ;  $16,96 \pm 0,11$  пг и  $26,20 \pm 0,17$  г/дл соответственно, а в популяции ремонтных хрячков  $7,37 \pm 0,26 \cdot 10^{12}/л$ ;  $127,51 \pm 0,71$  г/л;  $46,40 \pm 1,27\%$ ;  $63,56 \pm 0,45$  фл;  $25,90 \pm 0,25\%$ ;  $17,41 \pm 0,36$  пг и  $27,32 \pm 0,47$  г/дл. Следовательно, в организме свинок и хрячков в возрасте бонитировки выявлены определенные различия в потенциальных возможностях дыхательной функции крови, что взаимосвязано с половой спецификой протекающих биологических процессов.

Важную роль в изменчивости параметров эритрограммы играют гормоны тиреотропной оси, регулирующие метаболические процессы красных клеток по цитоплазматическому пути как результат наличия у них соответствующих рецепторов [18, 19]. Это определяет их роль в регуляции эритроцитарного состава крови в организме животных.

При анализе характера изменчивости гормонов тиреотропной оси было выявлено, что в популяции свинок и хрячков, как и в отношении параметров эритрограммы, определяются статистически значимые различия у йоркширов и ландрасов с дюрками (табл. 2). В крови ремонтных свинок породы дюрки, по сравнению с йоркширами и ландрасами, уровень ТТГ был меньше на 22,42–25,89%, а концентрация

Таблица 2 – Уровень гормонов тиреотропной оси у молодняка свиней в зависимости от возраста и пола,  $X \pm Sx$

Порода	n	ТТГ, мМЕ/л	сТ3, пмоль/л	сТ4, пмоль/л
Свинки				
Дюрок	55	$0,83 \pm 0,18^{*1*2}$	$7,15 \pm 0,22^{*1*2}$	$31,92 \pm 0,52^{*1*2}$
Йоркшир	243	$1,07 \pm 0,10^{*1}$	$5,79 \pm 0,16^{*1}$	$26,65 \pm 0,27^{*12}$
Ландрас	43	$1,12 \pm 0,16^{*2}$	$5,76 \pm 0,33^{*2}$	$27,02 \pm 0,29^{*2}$
∑ по популяции	341	$1,01 \pm 0,15$	$6,23 \pm 0,24$	$28,59 \pm 0,34$
Хрячки				
Дюрок	17	$0,13 \pm 0,02$	$9,24 \pm 0,30^{*1*2}$	$33,67 \pm 0,37^{*1*2}$
Йоркшир	12	$0,12 \pm 0,01$	$7,32 \pm 0,19^{*1}$	$22,85 \pm 0,56^{*1}$
Ландрас	5	$0,13 \pm 0,01$	$7,50 \pm 0,23^{*2}$	$22,32 \pm 0,41^{*2}$
∑ по популяции	34	$0,13 \pm 0,01$	$8,02 \pm 0,24$	$26,28 \pm 0,44$

Примечание: \*1 –  $P < 0,05$  между дюрками и йоркширами; \*2 –  $P < 0,05$  между дюрками и ландрасами.



cT3 и cT4, наоборот, больше на 23,49–24,13 и 18,13–19,47%. В популяции хрячков особи не различались по количеству ТТГ, но у дюрок, по сравнению с йокширами и ландрасами, выявлялся более значимый уровень cT3 и cT4. Межпородные различия колебались на уровне 23,20–26,22 и 47,35–50,85%. В целом можно отметить, что порода влияла на реализацию эффектов ТТГ в щитовидной железе и органов, участвующих в процессах периферического дейодирования [20].

При анализе данных в разрезе полового диморфизма видно, что свинки превосходили хрячков по концентрации в крови ТТГ и cT4 в 7,70 и 1,09 раза, но содержали меньше cT3 в 1,29 раза (табл. 2). Следовательно, пол свиней влиял на функционирование гормонов тиреотропной оси, определяя и различия в метаболических свойствах организма. В популяции ремонтных свинок и хрячков средний уровень ТТГ, cT3 и cT4 составили  $1,01 \pm 0,15$  и  $0,13 \pm 0,01$  мМЕ/л;  $6,23 \pm 0,24$  и  $8,02 \pm 0,24$  пмоль/л;  $28,59 \pm 0,34$  и  $26,28 \pm 0,44$  пмоль/л соответственно.

В работе С. Papadopoulos, I. Tentis, K. Anagnostopoulos (2021) отмечено, что плазматические мембраны эритроцитов имеют рецепторы к ряду гормонов [11]. В частности, они реагируют на сигналы, инициируемые образованием гормон-рецепторного комплекса с гормонами щитовидной железы, что является одним из способов регуляции их клеточного метаболизма и «текучести» мембран. Поэтому мы оценили наличие связей между гормонами

тиреотропной оси и параметрами эритрограммы в статистической выборке популяции свинок и хрячков.

При анализе корреляционных связей (табл. 3) было выявлено, что как у свинок, так и у хрячков статистически значимые или близкие к ним корреляции выявлены в парах только между cT3 – Эритроциты и cT3 – Гемоглобин. Значения коэффициентов корреляции соответствовали критерию средней или сильной связи между признаками.

В настоящее время существует несколько точек зрения, объясняющих наличие взаимосвязи между тиреоидными гормонами и эритроцитами. По данным М. Shiraishi [et. al.] (2015), трийодтиронин обладает способностью стимулировать эритропоэз и конкретно эритропоэтическую дифференцировку, что соответственно влияет на пул клеток в кровеносном русле [21]. В свою очередь J. Osty [et. al.] (1990) в своей работе доказали, что эритроциты способны транспортировать гормоны щитовидной железы в кровеносном русле, формируя их пул в кровотоке [22]. Наличие связи между эритроцитами и трийодтиронином Е.К. Джапаров, М.А. Дерхо (2019) объясняли способностью гормона контролировать процесс синтеза эритропоэтина [16]. В работе L.M. Snyder, W.J. Reddy (1970) отмечено, что биологически активный гормон щитовидной железы влияет на концентрацию 2,3-бисфосфоглицерина в эритроцитах, посредством которого регулируется высвобождение кислорода из гемоглобина [23].

Таблица 3 – Корреляции между гормонами тиреотропной оси и параметрами эритрограммы в популяции ремонтных свинок и хрячков,  $X \pm Sx$

Показатели эритрограммы	Дюрок (n = 55)			Йоркшир (n = 243)			Ландрас (n = 43)		
	cT4, пмоль/л	cT3, пмоль/л	ТТГ, мМЕ/л	cT4, пмоль/л	cT3, пмоль/л	ТТГ, мМЕ/л	cT4, пмоль/л	cT3, пмоль/л	ТТГ, мМЕ/л
Свинки									
Эритроциты, $10^{12}/л$	$0,08 \pm 0,14$	$0,59 \pm 0,11^*$	$-0,03 \pm 0,14$	$0,01 \pm 0,10$	$0,66 \pm 0,07^*$	$-0,18 \pm 0,10$	$-0,14 \pm 0,15$	$0,64 \pm 0,11^*$	$-0,09 \pm 0,16$
Нб, г/л	$0,22 \pm 0,13$	$0,70 \pm 0,10$	$0,07 \pm 0,14$	$0,01 \pm 0,10$	$0,77 \pm 0,06^*$	$0,10 \pm 0,10$	$-0,22 \pm 0,15$	$0,70 \pm 0,09^*$	$-0,16 \pm 0,15$
Хрячки									
Эритроциты, $10^{12}/л$	$0,16 \pm 0,25$	$0,71 \pm 0,18^*$	$0,19 \pm 0,25$	$0,27 \pm 0,30$	$0,57 \pm 0,27$	$0,21 \pm 0,31$	$-0,45 \pm 0,51$	$0,68 \pm 0,42$	$0,33 \pm 0,35$
Нб, г/л	$0,05 \pm 0,26$	$0,80 \pm 0,16^*$	$0,31 \pm 0,25$	$0,17 \pm 0,31$	$0,73 \pm 0,21^*$	$0,04 \pm 0,32$	$-0,48 \pm 0,51$	$0,59 \pm 0,47$	$0,35 \pm 0,34$

Примечание: \* –  $P < 0,05$ .

Следовательно, взаимосвязь концентраций свободного трийодтиронина с эритроцитами и гемоглобином сопряжена с общеметаболическими свойствами гормонов в организме животных [24], реализация которых отражается и на процессах эритропоэза, и метаболическом статусе клеток в кровотоке.

В то же время, по мнению G. Zhou [et. al.] (2022), на количество и характеристики эритроцитов в кровеносном русле не столько влияют тиреоидные гормоны, сколько ТТГ [19], что обусловлено наличием в мембране эритроцитов рецепторов к данному гормону [25]. Однако данный эффект выявлен в условиях карциномы щитовидной железы. В нашей работе статистически значимых корреляционных связей между ТТГ и параметрами не обнаружено, что свидетельствует о работе в условиях физиологического состояния организма других механизмов реализации свойств гормонов тиреотропной оси.

### Выводы

Таким образом, величина параметров эритрограммы и концентрация гормонов тиреотропной оси в организме ремонтного молодняка свиней зависит от породы и пола животных. Межпородные различия прослеживаются между дюрками (мясное направление продуктивности породы) и йоркширами и ландрасами (беконное направление продуктивности пород). Особи породы дюрок в популяции свинок отличаются от своих аналогов по количеству эритроцитов, Hb, MCV, MCHC и RDW и гормонов тиреотропной оси в пределах 6,26–12,81 и 18,13–25,89%, в популяции хрячков – в пределах 2,44–14,8 и 23,20–50,85%. В разрезе полового диморфизма установлено, что в группе свинок величина всех параметров эритрограммы выше, чем у хрячков, на 1,95–4,88%. Половые отличия по количеству гормонов тиреотропной оси колебались на уровне 1,09–7,70 раз. Тиреоидные гормоны являются одним из факторов, регулирующих пул эритроцитов в кровеносном русле ремонтного молодняка, о чем свидетельствуют статистически значимые или близкие к ним корреляции в парах признаков «сТ3 – Эритроциты» (у свинок  $r = 0,59–0,66$ ; у хрячков  $r = 0,57–0,71$ ), «сТ3 – Гемоглобин» (у свинок  $r = 0,70–0,77$ ; у хрячков  $r = 0,59–0,80$ ).

### Список литературы

1. Impact of housing environment and management on pre-/post-weaning piglet productivity

/ B. C. Ramirez [et al.] // J Anim Sci. 2022. Vol. 100 (6). P. skac142. DOI: 10.1093/jas/skac142.

2. Гематологические показатели крови молодняка свиней по данным автоматизированного анализа / Ю. Л. Ошуркова, Л. Л. Фомина, Е. С. Ткачева, М. Н. Ошуркова // Молочно-хозяйственный вестник. 2020. № 4 (40). С. 88–97.

3. Смирнова Е. В., Дерхо М. А., Фомина Н. В. Хозяйственно-полезные признаки и их взаимосвязь с параметрами крови у ремонтных свинок разных пород // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 244. № 4. С. 174–182.

4. Колесник Е. А., Дерхо М. А. К проблеме физиологического адаптационного гомеостаза в модели организма теплокровных животных (обзор) // Вестник Челябинского государственного университета. Образование и здравоохранение. 2020. № 4 (12). С. 15–30.

5. Effect of mixed rearing of barrows and gilts on backfat thickness and serum metabolite profiles of the Kagoshima-Kurobuta (Berkshire) pig / T. Ohkoda, K. Yoshida, D. Ijiri, A. Ohtsuka // Anim Sci J. 2021. Vol. 92 (1). P. e13655. DOI: 10.1111/asj.13655.

6. Морфологические и биохимические показатели крови в онтогенезе у свиней / А. М. Хохлов, В. И. Герасимов, В. В. Каряка, А. С. Смирнова. Режим доступа: : [http://www.rusnauka.com/31\\_NG\\_2014/Veterenaria/2\\_179201.doc.htm](http://www.rusnauka.com/31_NG_2014/Veterenaria/2_179201.doc.htm) (дата обращения 10.01.2023).

7. Fu J., Wang D. A. In Situ Organ-Specific Vascularization in Tissue Engineering // Trends Biotechnol. 2018. Vol. 36 (8). P. 834–849. DOI: 10.1016/j.tibtech.2018.02.012.

8. Quantitative analysis of the blood transcriptome of young healthy pigs and its relationship with subsequent disease resilience / K. S. Lim [et. al.] // BMC Genomics. 2021. Vol. 22 (1). P. 614. DOI: 10.1186/s12864-021-07912-8.

9. On the Effects of Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide on Red Blood Cell Deformability / L. Diederich [et. al.] // Front Physiol. 2018. Vol. 9. P. 332. DOI: 10.3389/fphys.2018.00332.

10. Evidence that human and equine erythrocytes could have significant roles in the transport and delivery of amino acids to organs and tissues / B. Thorn [et. al.] // Amino Acids. 2020. Vol. 52 (5). P. 711–724. DOI: 10.1007/s00726-020-02845-0.

11. Papadopoulos C., Tentes I., Anagnostopoulos K. Molecular Interactions between Erythrocytes and the Endocrine System // Maedica (Bu-



cur). 2021. Vol. 16 (3). P. 489–492. DOI: 10.26574/maedica.2020.16.3.489.

12. Chakravarty S., Rizvi S. I. Circadian modulation of sodium-potassium ATPase and sodium – proton exchanger in human erythrocytes: in vitro effect of melatonin // *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*. 2011. Vol. 57 (1). P. 80–86.

13. Yanich T. V., Derkho M. A., Tegza A. Hemostatic Profile of Holstein Heifers Depending on Age // *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2022. Vol. 13 (1). P. 13A1U, 1–11. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2022.21.

14. Significant association between thyroid hormones and erythrocyte indices in euthyroid subjects. / A. P. Bremner [et. al.] // *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2012. Vol. 76 (2). P. 304–311. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2011.04228.x.

15. Red blood cell triiodothyronine uptake as membrane parameter of depression / L. Kalisová-Stárková [et. al.] // *PhysiolRes*. 2006. Vol. 55 (2). P. 195–204. DOI: 10.33549/physiolres.930747.

16. Джапаров Е. К., Дерхо М. А. Возрастные и породные особенности эритроцитарных показателей у хряков-производителей // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2020. Т. 244. № 4. С. 69–76.

17. Линева А. Физиологические показатели нормы животных : справочник. М. : Аквариум-Принт, 2008. С. 99–115.

18. Interaction between thyroid hormones and erythrocyte membranes: competitive inhibition of binding <sup>131</sup>I-L-triiodothyronine and <sup>131</sup>I-L-thyroxine by their analogs / S. P. Singh [et. al.] // *Endocr Res Commun*. 1976. Vol. 3 (2). P. 119–131. DOI: 10.3109/07435807609052927.

19. Association Between Red Blood Cell Distribution Width and Thyroid Function / G. Zhou [et. al.] // *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022. Vol. 12. P. 807482. DOI: 10.3389/fendo.2021.807482.

20. Мекин Р. С., Дерхо М. А. Особенности взаимосвязей между гормонами тиреотропнотиреоидной системы в организме молодняка свиней разного пола и породы // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2021. Т. 245. № 1. С. 101–107.

21. A high concentration of triiodothyronine attenuates the stimulatory effect on hemin-induced erythroid differentiation of human erythroleukemia K562 cells / M. Shiraishi [et. al.] // *Endocr J*. 2015. Vol. 62 (5). P. 431–440. DOI: 10.1507/endocrj.EJ14-0427.

22. Transport of thyroid hormones by human erythrocytes: kinetic characterization in adults and newborns / J. Osty [et. al.] // *J Clin Endocrinol Metab*. 1990. Vol. 71 (6). P. 1589–1595. DOI: 10.1210/jcem-71-6-1589.

23. Snyder L. M., Reddy W. J. Mechanism of action of thyroid hormones on erythrocyte 2,3-diphosphoglyceric acid synthesis // *J Clin Invest*. 1970. Vol. 49 (11). P. 1993–1998. DOI: 10.1172/JCI106419.

24. Thyroid hormone role in metabolic status and economic beneficial features formation in replacement gilts of different breeds / M. A. Derkho [et. al.] // *Periodico Tchê Química*. 2019. Vol. 16 (31). P. 471–483.

25. Acute effect of TSH on oxygenation state and volume of erythrocytes from subjects thyroidectomized for differentiated thyroid carcinoma / S. Balzan [et. al.] // *Biomed Pharmacother*. 2011. Vol. 65 (5). P. 381–384. DOI: 10.1016/j.biopha.2011.03.002.

---

**Мекин Роман Сергеевич**, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: rom.sergeevich.94@list.ru.

**Дерхо Арина Олеговна**, студент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: arina\_avroga@mail.ru.

**Дерхо Марина Аркадьевна**, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

\* \* \*